

(11)特許出願公開番号
特開2000-131474
(P2000-131474A)

(43)公開日 平成12年5月12日(2000.5.12)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

G O 4 G 7/02

G O 8 C : 17/00

FI

C O 4 G 7/02

C.08C 17/00

テーマコード* (参考)

2 F 0 0 2

A 2 F 0 7:3

審査請求 未請求 請求項の数23 OL (全 19 頁)

(21)出願番号: 特願平10-305714

(22) 出願日 平成10年10月27日(1998. 10. 27)

(71)出願人 000003223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72) 発明者 佐藤 啓治

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 100089118

弁理士 酒井 宏明

Fターム(参考) 2F002 AA04 AA13 AD03 AF01 BB04

FA16 GA04

2F073 AA19 AB01 AB04 BB01 BC02

CC14 CD16 DD02 FF01 GG01

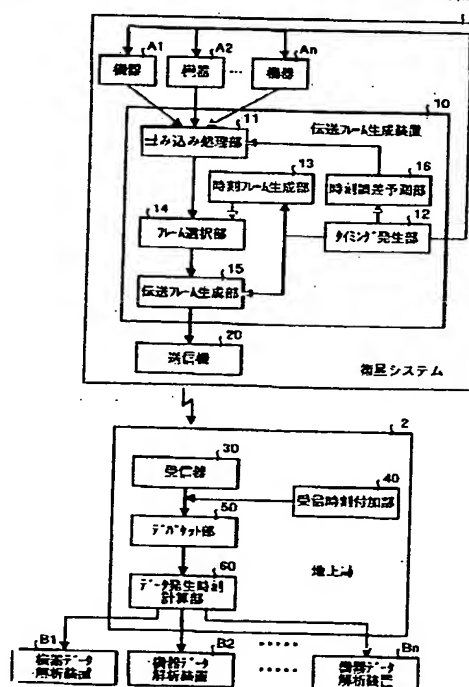
GC96 GC08

(54)【発明の名称】 時刻同期システム、時刻同期システムに適用される衛星システム、時刻同期システムに適用される地上システム、時刻同期方法およびその方法をコンピュータに実行させるプログラムを記録し

(57) 【要約】

【課題】 データの発生時刻を単純な構成で精度よく確定できるようにすることを課題とする。

【解決手段】 衛星システム1において、衛星システム1と地上局2間の時刻の対応をとるための時刻フレームを任意のタイミングで送信フレーム間に挿入し、地上局2は、フレーム受信の際に、時刻フレームに基づいて衛星システム1内部で発生したデータのデータ発生時刻を求めて、時刻フレームを使うだけで衛星の時刻と地上の時刻との対応をとる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 内部で発生したデータに基づくフレームを送信する衛星システムと、前記衛星システムから送信されてきたフレームから前記内部で発生したデータを得る地上システムと、からなる時刻同期システムであって、前記衛星システムは、前記衛星システムと前記地上システム間の時刻の対応をとるための時刻フレームを生成して、フレーム送信の際に前記生成された時刻フレームを任意のタイミングで送信フレーム間に挿入し、前記地上システムは、フレーム受信の際に、受信フレーム間に挿入されている前記時刻フレームに基づいて前記内部で発生したデータのデータ発生時刻を求めることを特徴とする時刻同期システム。

【請求項2】 前記衛星システムは、前記内部で発生したデータをパケット化して送信フレームを生成することを特徴とする請求項1に記載の時刻同期システム。

【請求項3】 前記衛星システムは、観測データを発生する複数の機器を有し、前記観測データに基づいて送信フレームを生成することを特徴とする請求項1または2に記載の時刻同期システム。

【請求項4】 前記各機器は内部時刻を有し、前記衛星システムは、前記各機器に時刻クロックを分配して、内部にもつ衛星時刻と前記各機器の内部時刻とを同期させることを特徴とする請求項3に記載の時刻同期システム。

【請求項5】 前記衛星システムは、前記各機器で発生したデータに前記衛星時刻を付加することを特徴とする請求項4に記載の時刻同期システム。

【請求項6】 前記衛星システムは、前記送信フレームのビットレートに同期したクロックをカウントして衛星時刻を生成し、送信フレームの先頭において前記衛星時刻の1フレーム伝送時間以下の部分をすべてゼロに設定することを特徴とする請求項1～5のいずれか一つに記載の時刻同期システム。

【請求項7】 前記衛星システムは、衛星時刻を温度変化に応じて補正することを特徴とする請求項1～6のいずれか一つに記載の時刻同期システム。

【請求項8】 前記衛星システムは、衛星時刻を異なる2つのタイミングで送信フレーム間に挿入し、前記地上システムは、受信フレーム間に挿入されている前記2つの衛星時刻の時間間隔と前記各衛星時刻に対応する地上時刻の時間間隔とから衛星時刻の平均周波数を求め、前記平均周波数と前記衛星時刻の公称周波数から得られるドリフト量とに基づいて前記内部で発生したデータの発生時刻を補正することを特徴とする請求項1～7のいずれか一つに記載の時刻同期システム。

【請求項9】 前記衛星システムは、内部の温度変化に応じて衛星時刻を得るための周波数の変動量を予測し、前記予測された周波数の変動量を前記送信フレームに含

めて送信し、前記地上システムは、前記予測された周波数の変動量を加味して前記内部で発生したデータの発生時刻を補正することを特徴とする請求項8に記載の時刻同期システム。

【請求項10】 内部で発生したデータに基づくフレームを送信する衛星システムと、前記衛星システムから送信されてきたフレームから前記内部で発生したデータを得る地上システムと、からなる時刻同期システムに適用される衛星システムであって、前記衛星システムと前記地上システム間の時刻の対応をとるための時刻フレームを生成する時刻フレーム生成手段と、

フレーム送信の際に前記時刻フレーム生成手段で生成された時刻フレームを任意のタイミングで送信フレーム間に挿入して伝送フレームを生成する伝送フレーム生成手段と、を備えたことを特徴とする衛星システム。

【請求項11】 前記内部で発生したデータをパケット化して伝送フレームを生成する畳み込み処理部を有したことを特徴とする請求項10に記載の衛星システム。

【請求項12】 観測データを発生する複数の機器を有し、前記観測データに基づいて送信フレームを生成することを特徴とする請求項10または11に記載の衛星システム。

【請求項13】 前記各機器は内部時刻を有し、前記各機器に時刻クロックを分配して、内部にもつ衛星時刻と前記各機器の内部時刻とを同期させるタイミング発生手段を有したことを特徴とする請求項12に記載の衛星システム。

【請求項14】 前記各機器で発生したデータに前記衛星時刻を付加することを特徴とする請求項13に記載の衛星システム。

【請求項15】 前記伝送フレームのビットレートに同期したクロックをカウントして衛星時刻を生成し、伝送フレームの先頭において前記衛星時刻の1フレーム伝送時間以下の部分をすべてゼロに設定することを特徴とする請求項10～14のいずれか一つに記載の衛星システム。

【請求項16】 衛星時刻を温度変化に応じて補正することを特徴とする請求項13、14または15に記載の衛星システム。

【請求項17】 内部で発生したデータに基づくフレームを送信する衛星システムと、前記衛星システムから送信されてきたフレームから前記内部で発生したデータを得る地上システムと、からなる時刻同期システムに適用される地上システムであって、フレーム受信の際に、受信フレーム間に挿入されている、前記衛星システムと前記地上システム間の時刻の対

応をとるための時刻フレームに基づいて前記内部で発生したデータのデータ発生時刻を求めることを特徴とする地上システム。

【請求項18】 前記衛星システムにおいて異なるタイミングで送信フレーム間に挿入された2つの衛星時刻の時間間隔と前記各衛星時刻に対応する地上時刻の時間間隔とから衛星時刻の平均周波数を求め、前記平均周波数と前記衛星時刻の公称周波数から得られるドリフト量とに基づいて前記内部で発生したデータの発生時刻を補正することを特徴とする請求項17に記載の地上システム。

【請求項19】 前記内部で発生したデータの発生時刻を補正する際に、前記衛星システムにおいて予測された温度変化による衛星時刻を得るための周波数の変動量を加味することを特徴とする請求項18に記載の地上システム。

【請求項20】 内部で発生したデータに基づくフレームを送信する衛星システムと、前記衛星システムから送信されてきたフレームから前記内部で発生したデータを得る地上システムと、からなる時刻同期システムに適用される時刻同期方法であって、前記衛星システムと前記地上システム間の時刻の対応をとるための時刻フレームを生成する第1工程と、フレーム送信の際に前記第1工程で生成された時刻フレームを任意のタイミングで送信フレーム間に挿入して伝送フレームを生成する第2工程と、を含んだことを特徴とする時刻同期システム。

【請求項21】 内部で発生したデータに基づくフレームを送信する衛星システムと、前記衛星システムから送信されてきたフレームから前記内部で発生したデータを得る地上システムと、からなる時刻同期システムに適用される時刻同期システムであって、フレーム受信の際に、受信フレーム間に挿入されている、前記衛星システムと前記地上システム間の時刻の対応をとるための時刻フレームに基づいて前記内部で発生したデータのデータ発生時刻を求める第1工程と、前記第1工程で求めたデータ発生時刻にしたがってデータ解析を行う第2工程と、を含んだことを特徴とする時刻同期方法。

【請求項22】 内部で発生したデータに基づくフレームを送信する衛星システムと、前記衛星システムから送信されてきたフレームから前記内部で発生したデータを得る地上システムと、からなる時刻同期システムに適用される時刻同期方法をコンピュータに実行させるプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、前記衛星システムと前記地上システム間の時刻の対応をとるための時刻フレームを生成する処理を行う第1手順

と、フレーム送信の際に前記第1手順で処理した時刻フレームを任意のタイミングで送信フレーム間に挿入して伝送フレームを生成する処理を行う第2手順と、を実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項23】 内部で発生したデータに基づくフレームを送信する衛星システムと、前記衛星システムから送信されてきたフレームから前記内部で発生したデータを得る地上システムと、からなる時刻同期システムに適用される時刻同期システムに適用される時刻同期方法をコンピュータに実行させるプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、フレーム受信の際に、受信フレーム間に挿入されている、前記衛星システムと前記地上システム間の時刻の対応をとるための時刻フレームに基づいて前記内部で発生したデータのデータ発生時刻を計算する第1手順と、前記第1手順で計算して求めたデータ発生時刻にしたがってデータ解析を行う第2手順と、を実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、人工衛星を用いた時刻同期技術に関し、詳細には、衛星システム時刻と地上時刻とを同期させるための時刻同期システム、時刻同期システムに適用される衛星システム、時刻同期システムに適用される地上システム、時刻同期方法およびその方法をコンピュータに実行させるプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】人工衛星等の遠隔システムを使って天体の観測等を行った場合、観測事象の発生時刻を知るために、衛星システムが持つ時刻と地上時刻との同期化が必要となる。近年のコンピュータの発達により、衛星システム内での高度なデータ処理が可能となり、また衛星システムと地上局との通信にCCSDS (Consultative Committee for Space Data Systems) 勧告に従ったパケットテレメトリなど、高度なプロトコルを使うようになっている。

【0003】衛星内でのデータ処理やパケットテレメトリの採用によりデータの取得から地上への送信までの間に時間間隔の不確定な遅延が生じ、地上局での受信時刻から発生時刻を類推することが困難になってきた。その一方で、衛星システム内での高度なデータ処理やパケットテレメトリ等の高度なプロトコルを実現しながら、正確なデータ発生時刻の確定が求められている。特に天文観測においては、他の衛星や地上で観測した結果との照合を行うために、マイクロ秒オーダーでの時刻精度が要求

される。

【0004】従来は衛星システム全体の動作タイミングを制御する装置が発生するタイミングにしたがって観測データをサンプリングし、伝送フレームの固定的な位置にそのデータを挿入することにより伝送フレームの受信時刻から、データ発生時刻の決定を行っている。また、パケットテレメトリを採用した衛星では、必要とするタイミングでシステムの時刻を管理している装置に現時刻の通知を要求するような方式がとられたり、伝送フレームを生成する装置へのデータ入力時間を使って規則時刻を決定する等の方式が採られていた。

【0005】さらに、近年ではGPS (Global Positioning System) を使った時刻決定が行われている。図15には一般的なGPSシステムが示されている。図15に示したシステムは、周回衛星105が4機のGPS衛星101~104からの信号すなわち観測データを測定する衛星システムである。この衛星システムでは、周回衛星105は、測定した観測データに基づいて各GPS衛星101~104との見かけの距離を求め、各距離から自衛星の位置(x, y, z)と自衛星の時刻誤差との4つの未知数を解く。このようにして、周回衛星105では正確な時刻を得ることができる。

【0006】上記衛星システムでは、コンピュータの発達に従い衛星システム内部でデータ圧縮やデータ抽出等の高度な処理が可能となったため、観測データ等のデータ長が可変となり、従来の固定的なデータフォーマットでは伝送に無駄が生じるようになってきた。このため、今日、CCSDS等のパケットテレメトリを採用してデータ伝送効率を向上させるようになってきた。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところが、上記衛星システムでは、CCSDS等のパケットテレメトリを採用したことで複雑なデータ処理が行われるので、取得したデータがパケット化されるまでに遅延が生じたり、データを含んだパケットが実際に伝送フレームに編集される迄の待ちにより不確定な遅延が生じた。それゆえ、データの発生から地上局への伝送までの時間のばらつきが大きくなり、データの受信時刻からデータ発生時刻を決定することが困難になった。

【0008】また、衛星内での時刻を管理する装置への時刻取得を要求する方式においては、時刻取得のプロトコル実現に伴い数十マイクロ秒程度のばらつきを含むことになり、厳密な時刻を必要とするシステムでは許容できない誤差を生じる可能性があった。

【0009】近年採用されつつある図15のようなGPSでの時刻決定は高い精度を期待できるが、システムが複雑であった。図15の例では、周回衛星105自身が地球の周りを高速に移動しているため、ドップラシフトが生じ、地上でのGPS利用を困難にする要因となっていた。

【0010】本発明は、上述した従来例による問題を解消するため、データの発生時刻を単純な構成で精度よく確定することが可能な時刻同期システム、時刻同期システムに適用される衛星システム、時刻同期システムに適用される地上システム、時刻同期方法およびその方法をコンピュータに実行させるプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上述した課題を解決し、目的を達成するため、請求項1の発明に係る時刻同期システムは、内部で発生したデータに基づくフレームを送信する衛星システムと、前記衛星システムから送信されてきたフレームから前記内部で発生したデータを得る地上システムと、からなる時刻同期システムであって、前記衛星システムは、前記衛星システムと前記地上システム間の時刻の対応をとるための時刻フレームを生成して、フレーム送信の際に前記生成された時刻フレームを任意のタイミングで送信フレーム間に挿入し、前記地上システムは、フレーム受信の際に、受信フレーム間に挿入されている前記時刻フレームに基づいて前記内部で発生したデータのデータ発生時刻を求めることを特徴とする。

【0012】この請求項1の発明によれば、衛星システムにおいて、衛星システムと地上システム間の時刻の対応をとるための時刻フレームを任意のタイミングで送信フレーム間に挿入し、地上システムは、フレーム受信の際に、時刻フレームに基づいて衛星システム内部で発生したデータのデータ発生時刻を求めるようにしたので、時刻フレームを使うだけで衛星の時刻と地上の時刻との対応がとれ、これにより、データの発生時刻を単純な構成で精度よく確定することが可能である。

【0013】また、請求項2の発明に係る時刻同期システムは、請求項1の発明において、前記衛星システムは、前記内部で発生したデータをパケット化して送信フレームを生成することを特徴とする。

【0014】この請求項2の発明によれば、衛星システムの内部で発生したデータをパケット化して送信フレームを生成するようにしたので、複雑なデータ処理を可能とする。

【0015】また、請求項3の発明に係る時刻同期システムは、請求項1または2の発明において、前記衛星システムは、観測データを発生する複数の機器を有し、前記観測データに基づいて送信フレームを生成することを特徴とする。

【0016】この請求項3の発明によれば、衛星システムでは、所持する複数の機器から発生した観測データに基づいて送信フレームを生成するようにしたので、地上システムにおいて衛星での観測結果を取得することが可能である。

【0017】また、請求項4の発明に係る時刻同期システムは、請求項3の発明において、前記各機器は内部時刻を有し、前記衛星システムは、前記各機器に時刻クロックを分配して、内部にもつ衛星時刻と前記各機器の内部時刻とを同期させることを特徴とする。

【0018】この請求項4の発明によれば、衛星システムでは、各機器に時刻クロックを分配して、内部にもつ衛星時刻と各機器の内部時刻とを同期させるようにしたので、衛星システム内での一元化な時刻管理を実現することが可能である。

【0019】また、請求項5の発明に係る時刻同期システムは、請求項4の発明において、前記衛星システムは、前記各機器で発生したデータに前記衛星時刻を付加することを特徴とする。

【0020】この請求項5の発明によれば、衛星システムでは、各機器で発生したデータに衛星時刻を付加するようにしたので、各データについて衛星システム上での時刻管理を実現することが可能である。

【0021】また、請求項6の発明に係る時刻同期システムは、請求項1～5のいずれか一つの発明において、前記衛星システムは、前記送信フレームのビットレートに同期したクロックをカウントして衛星時刻を生成し、送信フレームの先頭において前記衛星時刻の1フレーム伝送時間以下の部分をすべてゼロに設定することを特徴とする。

【0022】この請求項6の発明によれば、衛星システムでは、送信フレームのビットレートに同期したクロックをカウントして衛星時刻を生成し、送信フレームの先頭において衛星時刻の1フレーム伝送時間以下の部分をすべてゼロに設定するようにしたので、衛星時刻の端数をなくして同期精度を補償することが可能である。

【0023】また、請求項7の発明に係る時刻同期システムは、請求項1～6のいずれか一つの発明において、前記衛星システムは、衛星時刻を温度変化に応じて補正することを特徴とする。

【0024】この請求項7の発明によれば、衛星システムでは、衛星時刻を温度変化に応じて補正するようにしたので、衛星システム内で衛星システム内の温度条件に適宜適応して時刻の誤差を抑えることが可能である。

【0025】また、請求項8の発明に係る時刻同期システムは、請求項1～7のいずれか一つの発明において、前記衛星システムは、衛星時刻を異なる2つのタイミングで送信フレーム間に挿入し、前記地上システムは、受信フレーム間に挿入されている前記2つの衛星時刻の時間間隔と前記各衛星時刻に対応する地上時刻の時間間隔とから衛星時刻の平均周波数を求め、前記平均周波数と前記衛星時刻の公称周波数から得られるドリフト量とに基づいて前記内部で発生したデータの発生時刻を補正することを特徴とする。

【0026】この請求項8の発明によれば、衛星システムで衛星時刻を異なる2つのタイミングで送信フレーム間に挿入し、地上システムでは、受信フレーム間に挿入されている2つの衛星時刻の時間間隔と各衛星時刻に対応する地上時刻の時間間隔とから衛星時刻の平均周波数を求め、平均周波数と前記衛星時刻の公称周波数から得られるドリフト量とに基づいて衛星システム内部で発生したデータの発生時刻を補正するようにしたので、衛星システムと地上システムとの間で時刻の進みによる誤差が補正され、これにより、衛星システムで発生したデータの正確な時刻を取得することが可能である。

【0027】また、請求項9の発明に係る時刻同期システムは、請求項8の発明において、前記衛星システムは、内部の温度変化に応じて衛星時刻を得るための周波数の変動量を予測し、前記予測された周波数の変動量を前記送信フレームに含めて送信し、前記地上システムは、前記予測された周波数の変動量を加味して前記内部で発生したデータの発生時刻を補正することを特徴とする。

【0028】この請求項9の発明によれば、衛星システムでは、内部の温度変化に応じて衛星時刻を得るための周波数の変動量を予測し、地上システムでは、予測された周波数の変動量を加味して衛星システム内部で発生したデータの発生時刻を補正するようにしたので、地上システム側で衛星システムの衛星時刻を加味して正確データの発生時刻を取得することが可能である。

【0029】また、請求項10の発明に係る衛星システムは、内部で発生したデータに基づくフレームを送信する衛星システムと、前記衛星システムから送信されてきたフレームから前記内部で発生したデータを得る地上システムと、からなる時刻同期システムに適用される衛星システムであって、前記衛星システムと前記地上システム間の時刻の対応をとるための時刻フレームを生成する時刻フレーム生成手段と、フレーム送信の際に前記時刻フレーム生成手段で生成された時刻フレームを任意のタイミングで送信フレーム間に挿入して伝送フレームを生成する伝送フレーム生成手段と、を備えたことを特徴とする。

【0030】この請求項10の発明によれば、衛星システムと地上システム間の時刻の対応をとるための時刻フレームを生成し、フレーム送信の際に時刻フレームを任意のタイミングで送信フレーム間に挿入して伝送フレームを生成するようにしたので、地上システムに対して時刻フレームで衛星の時刻と地上の時刻との対応をとらせることができ、これにより、データの発生時刻を単純な構成で精度よく確定することが可能である。

【0031】また、請求項11の発明に係る衛星システムは、請求項10の発明において、前記内部で発生したデータをパケット化して伝送フレームを生成する畳み込み処理部を有したことを特徴とする。

【0032】この請求項10の発明によれば、畳み込み

処理部において内部で発生したデータをパケット化して伝送フレームを生成するようにしたので、複雑なデータ処理を可能とする。

【0033】また、請求項12の発明に係る衛星システムは、請求項10または11の発明において、観測データを発生する複数の機器を有し、前記観測データに基づいて送信フレームを生成することを特徴とする。

【0034】この請求項12の発明によれば、所持する複数の機器から発生した観測データに基づいて送信フレームを生成するようにしたので、地上システムに対して衛星での観測結果を提供することが可能である。

【0035】また、請求項13の発明に係る衛星システムは、請求項12の発明において、前記各機器は内部時刻を有し、前記各機器に時刻クロックを分配して、内部にもつ衛星時刻と前記各機器の内部時刻とを同期させるタイミング発生手段を有したことを特徴とする。

【0036】この請求項13の発明によれば、各機器に時刻クロックを分配して、内部にもつ衛星時刻と各機器の内部時刻とを同期させるようにしたので、内部での一元化な時刻管理を実現することが可能である。

【0037】また、請求項14の発明に係る衛星システムは、請求項13の発明において、前記各機器で発生したデータに前記衛星時刻を付加することを特徴とする。

【0038】この請求項14の発明によれば、各機器で発生したデータに衛星時刻を付加するようにしたので、各データについて衛星での時刻管理を実現することが可能である。

【0039】また、請求項15の発明に係る衛星システムは、請求項10～14のいずれか一つの発明において、前記伝送フレームのビットレートに同期したクロックをカウントして衛星時刻を生成し、伝送フレームの先頭において前記衛星時刻の1フレーム伝送時間以下の部分をすべてゼロに設定することを特徴とする。

【0040】この請求項15の発明によれば、伝送フレームのビットレートに同期したクロックをカウントして衛星時刻を生成し、伝送フレームの先頭において衛星時刻の1フレーム伝送時間以下の部分をすべてゼロに設定するようにしたので、衛星時刻の端数をなくして同期精度を補償することが可能である。

【0041】また、請求項16の発明に係る衛星システムは、請求項13、14または15の発明において、衛星時刻を温度変化に応じて補正することを特徴とする。

【0042】この請求項16の発明によれば、衛星時刻を温度変化に応じて補正するようにしたので、内部の温度条件に適宜適応して時刻の誤差を抑えることが可能である。

【0043】また、請求項17の発明に係る地上システムは、内部で発生したデータに基づくフレームを送信する衛星システムと、前記衛星システムから送信されてきたフレームから前記内部で発生したデータを得る地上シ

ステムと、からなる時刻同期システムに適用される地上システムであって、フレーム受信の際に、受信フレーム間に挿入されている、前記衛星システムと前記地上システム間の時刻の対応をとるための時刻フレームに基づいて前記内部で発生したデータのデータ発生時刻を求めることを特徴とする。

【0044】この請求項17の発明によれば、フレーム受信の際に、受信フレーム間に挿入されている、衛星システムと地上システム間の時刻の対応をとるための時刻フレームに基づいて衛星システム内部で発生したデータのデータ発生時刻を求めるようにしたので、衛星システムからの時刻フレームで衛星の時刻と地上の時刻との対応をとることができ、これにより、データの発生時刻を単純な構成で精度よく確定することが可能である。

【0045】また、請求項18の発明に係る地上システムは、請求項17の発明において、前記衛星システムにおいて異なるタイミングで送信フレーム間に挿入された2つの衛星時刻の時間間隔と前記各衛星時刻に対応する地上時刻の時間間隔とから衛星時刻の平均周波数を求め、前記平均周波数と前記衛星時刻の公称周波数から得られるドリフト量とに基づいて前記内部で発生したデータの発生時刻を補正することを特徴とする。

【0046】この請求項18の発明によれば、衛星システムにおいて異なるタイミングで送信フレーム間に挿入された2つの衛星時刻の時間間隔と各衛星時刻に対応する地上時刻の時間間隔とから衛星時刻の平均周波数を求め、平均周波数と衛星時刻の公称周波数から得られるドリフト量とに基づいて衛星システム内部で発生したデータの発生時刻を補正するので、衛星システムとの間で時刻の進みによる誤差が補正され、これにより、衛星システムで発生したデータの正確な時刻を取得することが可能である。

【0047】また、請求項19の発明に係る地上システムは、請求項18の発明において、前記内部で発生したデータの発生時刻を補正する際に、前記衛星システムにおいて予測された温度変化による衛星時刻を得るための周波数の変動量を加味することを特徴とする。

【0048】この請求項19の発明によれば、衛星システムにおいて予測された周波数の変動量を加味して衛星システム内部で発生したデータの発生時刻を補正するようにしたので、衛星システムの衛星時刻を加味して正確データの発生時刻を取得することが可能である。

【0049】また、請求項20の発明に係る時刻同期方法は、内部で発生したデータに基づくフレームを送信する衛星システムと、前記衛星システムから送信されてきたフレームから前記内部で発生したデータを得る地上システムと、からなる時刻同期システムに適用される時刻同期方法であって、前記衛星システムと前記地上システム間の時刻の対応をとるための時刻フレームを生成する第1工程と、フレーム送信の際に前記第1工程で生成さ

れた時刻フレームを任意のタイミングで送信フレーム間に挿入して伝送フレームを生成する第2工程と、を含んだことを特徴とする。

【0050】この請求項20の発明によれば、衛星システムと地上システム間の時刻の対応をとるための時刻フレームを生成し、フレーム送信の際にその生成された時刻フレームを任意のタイミングで送信フレーム間に挿入して伝送フレームを生成する工程にしたので、地上システムに対して時刻フレームで衛星の時刻と地上の時刻との対応をとらせることができ、これにより、データの発生時刻を単純な構成で精度よく確定することが可能である。

【0051】また、請求項21の発明に係る時刻同期方法は、内部で発生したデータに基づくフレームを送信する衛星システムと、前記衛星システムから送信されてきたフレームから前記内部で発生したデータを得る地上システムと、からなる時刻同期システムに適用される時刻同期システムであって、フレーム受信の際に、受信フレーム間に挿入されている、前記衛星システムと前記地上システム間の時刻の対応をとるための時刻フレームに基づいて前記内部で発生したデータのデータ発生時刻を求める第1工程と、前記第1工程で求めたデータ発生時刻にしたがってデータ解析を行う第2工程と、を含んだことを特徴とする。

【0052】この請求項21の発明によれば、フレーム受信の際に、受信フレーム間に挿入されている、衛星システムと地上システム間の時刻の対応をとるための時刻フレームに基づいて衛星システム内部で発生したデータのデータ発生時刻を求め、そのデータ発生時刻にしたがってデータ解析を行う工程にしたので、衛星システムからの時刻フレームで衛星の時刻と地上の時刻との対応をとり、正確な時刻でデータ解析を実施することができ、これにより、衛星の正確な時刻に基づく解析結果を得ることが可能である。

【0053】また、請求項22の発明に係る記録媒体は、内部で発生したデータに基づくフレームを送信する衛星システムと、前記衛星システムから送信されてきたフレームから前記内部で発生したデータを得る地上システムと、からなる時刻同期システムに適用される時刻同期方法をコンピュータに実行させるプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、前記衛星システムと前記地上システム間の時刻の対応をとるための時刻フレームを生成する処理を行う第1手順と、フレーム送信の際に前記第1手順で処理した時刻フレームを任意のタイミングで送信フレーム間に挿入して伝送フレームを生成する処理を行う第2手順と、を実行させるためのプログラムを記録したものである。

【0054】この請求項22の発明によれば、衛星システムと地上システム間の時刻の対応をとるための時刻フレームを生成する処理を行い、フレーム送信の際にその

時刻フレームを任意のタイミングで送信フレーム間に挿入して伝送フレームを生成する処理を行う手順としたので、プログラムにより地上システムに対して時刻フレームで衛星の時刻と地上の時刻との対応をとらせることができ、これにより、データの発生時刻を単純な構成で精度よく確定することが可能である。

【0055】また、請求項23の発明に係る記録媒体は、内部で発生したデータに基づくフレームを送信する衛星システムと、前記衛星システムから送信されてきたフレームから前記内部で発生したデータを得る地上システムと、からなる時刻同期システムに適用される時刻同期システムに適用される時刻同期方法をコンピュータに実行させるプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、フレーム受信の際に、受信フレーム間に挿入されている、前記衛星システムと前記地上システム間の時刻の対応をとるための時刻フレームに基づいて前記内部で発生したデータのデータ発生時刻を計算する第1手順と、前記第1手順で計算して求めたデータ発生時刻にしたがってデータ解析を行う第2手順と、を実行させるためのプログラムを記録したものである。

【0056】この請求項23の発明によれば、フレーム受信の際に、受信フレーム間に挿入されている、衛星システムと前記地上システム間の時刻の対応をとるための時刻フレームに基づいて衛星システム内部で発生したデータのデータ発生時刻を計算し、その計算で求めたデータ発生時刻にしたがってデータ解析を行う手順としたので、プログラムにより衛星システムからの時刻フレームで衛星の時刻と地上の時刻との対応をとり、正確な時刻でデータ解析を実施することができ、これにより、衛星の正確な時刻に基づく解析結果を得ることが可能である。

【0057】

【発明の実施の形態】以下に添付図面を参照して、この発明に係る時刻同期システム、時刻同期システムに適用される衛星システム、時刻同期システムに適用される地上システム、時刻同期方法およびその方法をコンピュータに実行させるプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体の好適な実施の形態を詳細に説明する。

【0058】まず、構成について説明する。図1はこの発明の一実施の形態による時刻同期システムを示すブロック図である。本時刻同期システムは、たとえば図1に示したように、衛星システム1と、地上局2および機器データ解析装置B1～Bnよりなる地上システムとにより構成される。

【0059】上記衛星システム1は、観測データを発生する機器A1、A2…An（nは自然数）、観測データおよび衛星システム時刻を含むバケット化された伝送フレームを生成する伝送フレーム生成装置10、および、

生成された伝送フレームを地上局2に対して送信する送信機20により構成される。

【0060】上記伝送フレーム生成装置10は、畳み込み処理部11、タイミング発生部12、時刻フレーム生成部13、フレーム選択部14、伝送フレーム生成部15、および、時刻誤差予測部16より構成される。畳み込み処理部11は伝送フレームを作るためにデータを一つの流れにする機構であり、タイミング発生部12は衛星システム1全体のタイミングを制御するタイミング発生機構である。

【0061】時刻フレーム生成部13はタイミング発生部12のタイミングに従い、システムの時刻をフレーム化する機構であり、フレーム選択部14は通常のデータフレームと時刻フレームをそれぞれ選択する機構である。伝送フレーム生成部15は送信機20に送る最終的な伝送フレーム(VCDU)を生成する機構であり、時刻誤差予測部16は温度変化によりタイミング発生部12に含まれる誤差を予測する機構である。

【0062】地上局2は、受信機30、受信時刻付加部40、デパケット部50、および、データ発生時刻計算部60より構成される。受信機30は、衛星システム1から送信されてきた伝送フレームを受信する。受信時刻付加部40は、受信された伝送フレームに対して受信時刻を付加する。デパケット部50は、受信された伝送フレームを機器毎のデータにデパケット化する。データ発生時刻計算部60は、デパケット部50のデパケットで得られた各機器のデータに関して、衛星システム1側で伝送フレームに挿入される時刻フレームと受信時刻付加部40で付加された受信時刻とに基づいてデータ発生時刻を計算する。

【0063】そして、機器データ解析装置B1～Bnは、それぞれ機器A1～Anに対応しており、対応する機器で発生した観測データを解析する。

【0064】つぎに、この時刻同期システムに適用されるデータのフォーマットについて説明する。図2は衛星システム1で生成される伝送フレームの生成過程を説明する図、図3はCCSDSパケットフォーマットを説明する図、図4はM_PDU(Multiplexing Protocol Data Unit)フォーマットを説明する図、図5はVCDU(Virtual Channel Data Unit)フォーマットを説明する図、そして、図6は伝送フレームフォーマットを説明する図である。

【0065】この時刻同期システムには、テレメトリ方式としてCCSDS勧告に準拠したパケット方式が採用される。伝送フレーム生成装置10で生成される伝送フレームは、図2に示したように、図3のCCSDSパケットを多重化して図4のM_PDUフォーマット、図5のVCDUフォーマットを経て図6のフォーマットを形成する。CCSDSパケットは、図3に示したように、6オクテットのプライマリヘッダと、4オクテット～6

5536オクテットまでの範囲で設定されるセコンダリヘッダ(32ビット)およびユーザデータとにより形成される。

【0066】プライマリヘッダは、バージョン(3ビット)、タイプ(1ビット)、セコンダリヘッダフラグ(1ビット)、アプリケーション識別子(11ビット)、シーケンスフラグ(2ビット)、シーケンスカウンタ(14ビット)、および、パケット長(16ビット)で構成される。

【0067】CCSDSパケットのユーザデータ領域は可変長であり、その長さ情報がパケット長の部分に格納される。セコンダリヘッダフラグは、セコンダリヘッダの有無を示す。アプリケーション識別子は、CCSDSパケットの種類毎に付けられたIDである。このアプリケーション識別子を確認することで、パケットを発生させた装置やパケットの種類などを判別することができる。このアプリケーション識別子は時刻同期用として用いられ、CCSDSパケット内に時刻同期用の衛星時刻情報が格納される。

【0068】シーケンスカウンタは、同一のアプリケーション識別子のCCSDSパケット毎に付けられたカウンタ値である。このシーケンスカウンタの連続性を見ることで、パケットの抜けがないかどうかを確認することができる。シーケンスフラグは、CCSDSパケット中のデータがパケット内で完結するか、複数のパケットを合わせてひとつのデータを構成するかを示す。

【0069】また、M_PDUは、図4に示したように、スベア、ファーストヘッダポインタ、および、パケットゾーンで構成されるフォーマットを用い、VCDUは、図5に示したように、バージョン、スペースクラフトID、VCID、VCDUカウンタ、リプレイフラグ、スベア、VCDUデータユニットゾーン、OPER. CTRL. フィールド、および、VCDUエラー. CTRL. フィールドで構成されるフォーマットを用いる。そして、伝送フレームは、フレーム同期符号であるASM(Attached Sync. Marker)および上述のVCDUより構成されるフォーマットを用いる。

【0070】図6に示した伝送フレームフォーマットは、最終的に衛星から出力されるデータのフォーマットである。この伝送フレームフォーマットには、図5に示したVCDUを有している。また、図5に示したVCDUデータユニットゾーンは、図4に示したM_PDUフォーマットに対応する。VCIDは、VCDUの種類を示している。

【0071】VCIDは、時刻同期用に設けられ、時刻同期用のCCSDSパケットを含んでいる。CCSDSパケットの中には、該当するVCDUが属するASM(図6参照)の先頭位置が出力された時点での衛星時刻情報が格納される。地上局2においては、図6に示した伝送フレームフォーマットで受信が行われ、時刻同期用

のVCIDを検出したら、そのVCIDが属するASMの受信時刻を記録しておく。

【0072】このVCDU内部を解読すると、時刻同期専用のAPIDをもったCCSDSパケットが含まれており、そのCCSDSパケット中にはASMを発生させた時点での衛星時刻が格納されている。CCSDSパケットに格納されていた衛星時刻と地上の受信時刻とにより衛星と地上との時刻を対応させることができる。

【0073】つぎに、全体の動作について説明する。図7は衛星システム1側における動作を説明するフローチャートである。なお、以下の説明では、地上局2側の動作も併せて説明する。衛星システム1はタイミング発生部12が出力するタイミングに同期して全体を動作させる。すなわち、時刻は図7の全動作が終了する度にカウントアップされる（ステップS1）。機器A1～Anは任意のタイミングでデータ発生させるが、そのデータの中にはタイミング発生部12から受けた時刻情報を基にしたデータ発生時刻が含まれる。畳み込み処理部11では、これらの機器A1～Anから発生したデータに畳み込み処理が施され、固定長である伝送フレーム（VCDU）のフォーマットで編集が行われる。通常は機器A1～Anが出力するデータを送信機20に送り出す。

【0074】時刻フレーム生成部13は必要なタイミングで時刻フレームをつくり、フレーム選択部14に送り出す。このタイミングを配信タイミングとする。フレーム選択部14では、タイミング発生部12より時刻フレームの出力要求があった場合（ステップS2）、この要求を優先して時刻フレームの内容と実際の時刻が一致するようにしてその時刻フレームが伝送フレーム生成部15へ送られる。伝送フレーム生成部15では、フレームに同期コードや誤り訂正符号等が付加されて送信機20に出力される。このようにして時刻配信が行われる（ステップS3）。このとき、VCDUの出力タイミングでなければ、処理はステップS1へ戻る（ステップS4）。

【0075】一方、地上局2では、受信機30に伝送フレームが受信されると、その時の時刻が受信された伝送フレームに付加され、伝送フレームと地上時刻との正確な対応が取られる。これにより、時刻フレームに記述されている衛星システム1の時刻と実際の時刻との対応が取れる。

【0076】また、ステップS4においてVCDU出力のタイミングであった場合には、さらにステップS5に

$$GTD = GTT0 + (STD - STT0) \quad \dots \quad (1)$$

$$GTD = GTT1 + (STD - STT1) \quad \dots \quad (2)$$

である。

【0082】つぎに、上記衛星システム1における時刻付けについて説明する。図10はデータ発生とその時刻付けを説明する図であり、同図において、 t_1 、 t_2 、 t_3 はそれぞれデータ1、データ2、データ3が発生し

た時刻のVCDU出力タイミングであるか判断される。そして、時刻のVCDU出力タイミングであれば（ステップS4、Yesルート）、時刻のVCDU編集が行われ（ステップS6）、その編集された時刻のVCDUが出力される（ステップS8）。一方、時刻のVCDU出力タイミングでない場合には（ステップS4、Noルート）、機器データのVCDU編集が行われ（ステップS7）、その編集された機器データのVCDUが出力される（ステップS8）。

【0077】さらに、地上局2の受信動作について具体的に説明する。図8は地上局の受信動作を説明するフローチャートである。まず、フレームが受信されると（ステップS11）、その受信フレームに受信時刻が付加される（ステップS12）。このとき付加される時刻は、地上局2で計時する時刻である。

【0078】このようにして受信フレームに受信時刻が付加されると、その受信フレームをパケットに細分化するためのデパケット処理が実行される（ステップS13）。このとき、時刻フレームに含まれる時刻パケットが確認された場合には（ステップS14、Yesルート）、その時刻パケットに格納された衛星時刻とフレームの受信時刻とが対応付けて記録される（ステップS15）。そして処理はステップS11へ戻る。一方、時刻パケットが確認されなかった場合には（ステップS14、Noルート）、データ発生時刻が計算される（ステップS16）。そして処理はステップS11へ戻る。

【0079】ここで、データ発生時刻の計算方法について説明する。図9はデータ発生時刻の計算方法を説明する図である。図9において、STT0、STT1はそれぞれ時刻フレームを発生させた衛星時刻を示し、STDはデータが発生したときの衛星時刻を示す。また、GTT0、GTT1はそれぞれ時刻フレーム（時刻STT0、STT1）を受信した地上時刻を示し、GTDは衛星時刻STDに対応する地上時刻を示す。

【0080】以上の衛星時刻STT0、STT1、STDと、地上時刻GTT0、GTT1、GTDとの6つの時刻のうちで、地上時刻GTD以外の5つの時刻は既知である。したがって、データ発生時刻の計算とは、地上時刻GTDを求めることを言う。

【0081】図9の例では、地上時刻GTDを次式（1）または（2）によりもとめることができる。すなわち、

た衛星上の時刻すなわち衛星時刻を示す。データ1は、伝送フレーム1の中に格納されて出力される。データ2は、伝送フレーム1および伝送フレーム3に畳み込まれて出力される。データ3は、伝送フレーム3に格納されて出力される。この時、各データ1、2、3はデータ発

生時刻である t_1 等も含めて地上に送信される。

【0083】伝送フレーム2は、時刻フレームであり、伝送フレームの先頭時刻 t_4 を含めて地上に送信される。FT0、FT1、FT2、FT3はそれぞれ伝送フレーム01、2、3を受信した時の地上時刻である。データ1が発生した時刻 t_1 と、データ1が格納された伝送フレーム1が伝送される時刻は、その状況により不定であり、地上時刻FT1からデータ1が発生した時刻を対応付けることはできないが、時刻専用の伝送フレームである伝送フレーム2は発生した時刻 t_4 を中に含むため、その受信時刻T2から衛星時刻 t_4 と地上時刻FT2との対応を取ることが可能となる。ここから逆算することで衛星時刻 t_1 が地上時刻のいずれに相当するかわかる。

【0084】時刻フレーム内に設定される時刻はフレームの先頭時刻とする。たとえば伝送のレートが $1/1048576 \text{ bps}$ ($=1/2^{20} \text{ bps}$)で、1フレーム当りのビット数が 8192 ($=2^{13}$)とすると、1秒間で 128 ($=2^7$)個の伝送フレームが発生する。仮に衛星の時刻単位を $1/262144$ ($=1/2^{18}$)秒、タイマーの長さを32ビットとすると、各伝送フレーム先頭の衛星時刻は00000800h、00001000h、00001800h、…のようになる。時刻フレームを64秒に1回の割合で挿入するとすれば衛星時刻が01000000h、02000000h、03000000h、…の時に時刻フレームを生成、出力すればよい。

【0085】この時刻フレームは必ずしも周期的に出力する必要はなく、地上局2からの要求にตอบสนองして出力するような方式でもよい。時刻フレームの先頭時刻とその中に含まれる時刻情報を一致させることが重要である。この例のように衛星時刻と伝送フレームを同期させ、かつフレームの先頭で時刻の下位側が0になるように構成すると、先頭ビットの立ち上がり位置での衛星時刻が確定できる。地上局2でこの立ち上がり時点での地上時刻を確定すれば、仮に1ビットが数十マイクロ秒かかるような遅いレートのデータ伝送であっても、正確に地上時刻と衛星時刻の同期化が可能になる。

【0086】つづいて、機器A1～An間の時刻同期方法について説明する。まず、同期のための構成について説明する。図11は伝送フレーム生成装置10と機器A1～An間の同期構成を示すブロック図であり、図12は伝送フレーム生成装置10と機器A1～An間の時刻同期の例を示す図である。図11において、伝送フレーム生成装置10は、上位カウンタ31、下位カウンタ32、および、出力回路33を含む構成である。一方、機器A1～Anは、それぞれ共通の構成を含み、入力回路41、固定値発生部42、上位カウンタ43、および、下位カウンタ44を備えている。上位カウンタ31および43は秒以上の単位を示す部分で、下位カウンタ32

および44は秒以下の単位を示す部分である。

【0087】衛星上の機器A1～Anと伝送フレーム時刻とを精度よく同期させるには、タイミング発生部12からのクロックを分配する必要がある。タイミング発生部12から受信した時刻情報を起点にして、分配されたクロックを用いて機器内部で伝送フレームと同タイミングの時刻情報を生成することができる。機器A1～Anのデータが発生したらこの時刻情報を付けてデータの発生時刻とする。

【0088】衛星システム1側の伝送フレーム生成装置10では、図12に示したように、上位カウンタ31および下位カウンタ32より各機器A1～Anに対して1MHz (20)のクロックを送信していたとする。各機器A1～An側はこのクロックを使ってカウンタを動作させる。送信側である伝送フレーム生成装置10は秒の単位、すなわち、下位カウンタ32が0になるタイミングで上位カウンタ31の時刻情報を送信する。

【0089】受信側である各機器A1～Anは時刻情報を入力回路41で受けると、それを上位カウンタ43に格納し、下位カウンタ44には固定値発生部42からの固定値を格納する。なお、伝送フレーム生成装置10と各機器A1～Anとは、出力回路33のイネーブルにしたがってデータ伝送が行われる。このイネーブルのタイミングは、衛星時刻の n 秒、 $n+1$ 秒、 $n+2$ 秒、…のように発生する。

【0090】この例では、秒の切れ目から24ビット後に時刻情報が格納されるため、00018hを格納したのち、カウントアップが継続される。この方法により、衛星システム1内、すなわち、伝送フレーム生成装置10と各機器A1～Anとの時刻同期誤差は、インタフェース素子のディレイ程度に抑えられるため、数十ナノ秒程度、もしくは数百ナノ秒程度の精度で同期化が可能である。

【0091】また、伝送フレーム生成装置10と各機器A1～Anについて、インタフェースのデータ内に識別フラグを設け、時刻情報以外の情報を同一インタフェースを使って送信することも可能である。時刻情報が周期的に出力されるような構成にしたときに、時刻情報と時刻以外の情報の出力がかさなり、時刻情報を出力できなかった場合でも、クロックを送信しているため、受信側の内部カウンタは動作しており、時刻の一致が確保される。

【0092】以上説明したように、この実施の形態によれば、衛星システム1内部でのパケットデータの滞留や衛星時刻のドリフトといった時刻決定を行う上での不確定要素を除去することが可能となり、衛星システム1と地上局2の正確な時刻同期が比較的簡素なシステム構成で可能となる。

【0093】また、データ発生時点での時刻情報を確定すれば、データ処理やパケット生成にかかる時間を意識

する必要がなくなるため、データを発生させる機器の独立性が向上し、これによりシステム構成が容易になり、また時間がかかる高度な処理を必要とする観測データのデータ発生時刻の決定も容易に可能になる。

【0094】また、衛星システム1において、衛星システム1と地上局2間の時刻の対応をとるための時刻フレームを任意のタイミングで送信フレーム間に挿入し、地上局2は、フレーム受信の際に、時刻フレームに基づいて衛星システム内部で発生したデータのデータ発生時刻を求める。これにより、時刻フレームを使うだけで衛星の時刻と地上の時刻との対応がとれるので、データの発生時刻を単純な構成で精度よく確定することが可能である。

【0095】また、衛星システム1の内部で発生したデータをCCSDS勧告に準拠したテレメトリフォーマットでパケット化して送信フレームを生成するようにしたので、複雑なデータ処理が可能である。

【0096】また、衛星システム1では、所持する複数の機器A1～Anから発生した観測データに基づいて送信フレームを生成するようにしたので、地上システムにおいて衛星での観測結果を取得することが可能である。

【0097】また、衛星システム1では、各機器A1～Anに時刻クロックを分配して、内部にもつ衛星時刻と各機器A1～Anの内部時刻とを同期させるようにしたので、衛星システム1内での一元化な時刻管理を実現することが可能である。

【0098】また、衛星システム1では、各機器A1～Anで発生したデータに衛星時刻を付加するようにしたので、各データについて衛星システム1上での時刻管理を実現することが可能である。

$$Fa = (ST5 - ST1) / (GT5 - GT1) \quad \dots (3)$$

により、衛星時刻を生成するタイミング発生部12の平均発振周波数Faを求め、より高い精度で衛星データの発生時刻を確定することができるようになる。たとえば、周回衛星では約90分で地球を1周するが、ある周回での地上との交信時にGT1、ST1相当を確定し、

$$GT3 = (ST3 - ST1) \times Fa + GT1 \quad \dots (4)$$

により、GT1、GT5での時計の進みや遅れを0にしたGT3の時刻決定ができる。

$$GTD = GTT0 + (STT1 - STT0) / (GTT1 - GTT0) \times (STD - STT0) \quad \dots (5)$$

となる。

【0106】このように、衛星システム1で衛星時刻を異なる2つのタイミングで送信フレーム間に挿入し、地上局2では、受信フレーム間に挿入されている2つの衛星時刻の時間間隔と各衛星時刻に対応する地上時刻の時間間隔とから衛星時刻の平均周波数を求め、平均周波数と前記衛星時刻の公称周波数から得られるドリフト量とに基づいて衛星システム内部で発生したデータの発生時刻を補正する。これにより、衛星システム1と地上局2

【0099】また、衛星システム1では、送信フレームのビットレートに同期したクロックをカウントして衛星時刻を生成し、送信フレームの先頭において衛星時刻の1フレーム伝送時間以下の部分をすべてゼロに設定するようにしたので、衛星時刻の端数をなくして同期精度を補償することが可能である。

【0100】また、衛星システム1では、衛星時刻を温度変化に応じて補正するようにしてもよく、この場合には、衛星システム1内で衛星システム1内の温度条件に適宜適応して時刻の誤差を抑えることができ、これにより、地上局2で衛星システム1の温度変化による衛星時刻の補正が不要となる。

【0101】つづいて変形例について説明する。まず、高精度の時刻付けについて説明する。図13は高精度の時刻付けを説明する図である。衛星時刻と地上時刻の対応を取る方法として、図10では一つの時刻フレームを元に行っているが、2つの時刻フレームを使うことでより精度を高めることができる。これについては、図13に示すように、2つの時刻フレームの衛星側の先頭時刻がST1、ST5で、その受信時刻がGT1、GT5であるとする。

【0102】衛星時刻が全く正確に動作するならば問題は無いが、現実には水晶発振器等を用いて時刻を生成するために、一般的に、公称値に対して数、数十ppm程度の誤差を生じる。水晶発振器の発振周波数が公称値に完全に一致していれば、ST5-ST1とGT5-GT1は同じ値を示すことになるが、実際には発振周波数の誤差が時計の進みや遅れを招く。

【0103】この時刻誤差を極力抑えるため、次式(3)、すなわち、

つぎの周回でGT5、ST5相当を確定すればその間の平均発振周波数Faを確定することができる。

【0104】地球の裏側で取得してデータレコーダ等に記録したデータの発生時刻がST3であれば、次式(4)、すなわち、

【0105】以上の関係を前述の図9を用いて整理すると、次式(5)のようになる。すなわち、

との間で時刻の進みによる誤差が補正されるので、衛星システムで発生したデータの正確な時刻を取得することが可能である。

【0107】さらに、本件出願人がすでに提案した特開平3-087993号公報および特願平4-67381号公報の手法を用いて水晶発振器の温度による発振特性の変化による時刻誤差を補正し、より正確な時刻決定を行うことが可能になる。このとき、データ発生時刻における時刻補正情報は必ずしも存在しない。このため、そ

の近辺における時刻補正情報を基に、データ発生時刻に対応する時刻補正情報を内挿することで精度を向上させる必要がある。

【0108】図14にその例を示す。衛星時刻 $st1$, $st2$, $st3$ のときはそれぞれ時刻補正情報 $Y1$, $Y2$, $Y3$ をもっている。データはその発生時刻 ste をもっているが、補正情報はもっていない。周囲の衛星時

$$GTD = GTT0 + \left((STT1 - SE1) - (STT0 - SE0) \right) \times \frac{(GTT1 - GTT0)}{((STD - SED) - (STT0 - SE0))} \quad \dots (6)$$

となる。ここで、 SEO , $SE1$, SED はそれぞれ $STT0$, $STT1$, STD における誤差量を示す。

【0110】これによれば、衛星システム1では、内部の温度変化に応じて衛星時刻を得るための周波数の変動量を予測し、地上システムでは、予測された周波数の変動量を加味して衛星システム1内部で発生したデータの発生時刻を補正するようにしたので、地上システム側で衛星システム1の衛星時刻を加味して正確データの発生時刻を取得することが可能である。

【0111】以上、この発明を上記実施の形態により説明したが、この発明の主旨の範囲内で種々の変形が可能であり、これらをこの発明の範囲から排除するものではない。

【0112】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1の発明によれば、衛星システムにおいて、衛星システムと地上システム間の時刻の対応をとるための時刻フレームを任意のタイミングで送信フレーム間に挿入し、地上システムは、フレーム受信の際に、時刻フレームに基づいて衛星システム内部で発生したデータのデータ発生時刻を求めるようにしたので、時刻フレームを使うだけで衛星の時刻と地上の時刻との対応がとれ、これにより、データの発生時刻を単純な構成で精度よく確定することが可能な時刻同期システムが得られるという効果を奏する。

【0113】また、請求項2の発明によれば、請求項1の発明において、衛星システムの内部で発生したデータをパケット化して送信フレームを生成するようにしたので、複雑なデータ処理を可能な時刻同期システムが得られるという効果を奏する。

【0114】また、請求項3の発明によれば、請求項1または2の発明において、衛星システムでは、所持する複数の機器から発生した観測データに基づいて送信フレームを生成するようにしたので、地上システムにおいて衛星での観測結果を取得することが可能な時刻同期システムが得られるという効果を奏する。

【0115】また、請求項4の発明によれば、請求項3の発明において、衛星システムでは、各機器に時刻クロックを分配して、内部にもつ衛星時刻と各機器の内部時刻とを同期させるようにしたので、衛星システム内での一元化な時刻管理を実現することが可能な時刻同期シ

刻と補正情報から多項式近似等により Ye を内挿する。ここで得られた Ye を使って、さらに発生時刻 ste に補正処理を施し、地上時刻と発生時刻 ste との対応をより正確に決定することができる。

【0109】以上の関係を前述の図9を用いて整理すると、次式(6)のようになる。すなわち、

テムが得られるという効果を奏する。

【0116】また、請求項5の発明によれば、請求項4の発明において、衛星システムでは、各機器で発生したデータに衛星時刻を付加するようにしたので、各データについて衛星システム上での時刻管理を実現することが可能な時刻同期システムが得られるという効果を奏する。

【0117】また、請求項6の発明によれば、請求項1～5のいずれか一つの発明において、衛星システムでは、送信フレームのビットレートに同期したクロックをカウントして衛星時刻を生成し、送信フレームの先頭において衛星時刻の1フレーム伝送時間以下の部分をすべてゼロに設定するようにしたので、衛星時刻の端数をなくして同期精度を補償することが可能な時刻同期システムが得られるという効果を奏する。

【0118】また、請求項7の発明によれば、請求項1～6のいずれか一つの発明において、衛星システムでは、衛星時刻を温度変化に応じて補正するようにしたので、衛星システム内で衛星システム内の温度条件に適宜適応して時刻の誤差を抑えることが可能な時刻同期システムが得られるという効果を奏する。

【0119】また、請求項8の発明によれば、請求項1～7のいずれか一つの発明において、衛星システムで衛星時刻を異なる2つのタイミングで送信フレーム間に挿入し、地上システムでは、受信フレーム間に挿入されている2つの衛星時刻の時間間隔と各衛星時刻に対応する地上時刻の時間間隔とから衛星時刻の平均周波数を求め、平均周波数と前記衛星時刻の公称周波数から得られるドリフト量とに基づいて衛星システム内部で発生したデータの発生時刻を補正するようにしたので、衛星システムと地上システムとの間で時刻の進みによる誤差が補正され、これにより、衛星システムで発生したデータの正確な時刻を取得することが可能な時刻同期システムが得られるという効果を奏する。

【0120】また、請求項9の発明によれば、請求項8の発明において、衛星システムでは、内部の温度変化に応じて衛星時刻を得るための周波数の変動量を予測し、地上システムでは、予測された周波数の変動量を加味して衛星システム内部で発生したデータの発生時刻を補正するようにしたので、地上システム側で衛星システムの

衛星時刻を加味して正確データの発生時刻を取得することが可能な時刻同期システムが得られるという効果を奏する。

【0121】また、請求項10の発明によれば、衛星システムと地上システム間の時刻の対応をとるための時刻フレームを生成し、フレーム送信の際に時刻フレームを任意のタイミングで送信フレーム間に挿入して伝送フレームを生成するようにしたので、地上システムに対して時刻フレームで衛星の時刻と地上の時刻との対応をとらせることができ、これにより、データの発生時刻を単純な構成で精度よく確定することが可能な衛星システムが得られるという効果を奏する。

【0122】また、請求項11の発明によれば、請求項10の発明において、畳み込み処理部において内部で発生したデータをパケット化して伝送フレームを生成するようにしたので、複雑なデータ処理を可能な衛星システムが得られるという効果を奏する。

【0123】また、請求項12の発明によれば、請求項10または11の発明において、所持する複数の機器から発生した観測データに基づいて送信フレームを生成するようにしたので、地上システムに対して衛星での観測結果を提供することが可能な衛星システムが得られるという効果を奏する。

【0124】また、請求項13の発明によれば、請求項12の発明において、各機器に時刻クロックを分配して、内部にもつ衛星時刻と各機器の内部時刻とを同期させるようにしたので、内部での一元化な時刻管理を実現することが可能な衛星システムが得られるという効果を奏する。

【0125】また、請求項14の発明によれば、請求項13の発明において、各機器で発生したデータに衛星時刻を付加するようにしたので、各データについて衛星での時刻管理を実現することが可能な衛星システムが得られるという効果を奏する。

【0126】また、請求項15の発明によれば、請求項10～14のいずれか一つの発明において、伝送フレームのビットレートに同期したクロックをカウントして衛星時刻を生成し、伝送フレームの先頭において衛星時刻の1フレーム伝送時間以下の部分をすべてゼロに設定するようにしたので、衛星時刻の端数をなくして同期精度を補償することが可能な衛星システムが得られるという効果を奏する。

【0127】また、請求項16の発明によれば、請求項13、14または15の発明において、衛星時刻を温度変化に応じて補正するようにしたので、内部の温度条件に適宜適応して時刻の誤差を抑えることが可能な衛星システムが得られるという効果を奏する。

【0128】また、請求項17の発明によれば、フレーム受信の際に、受信フレーム間に挿入されている、衛星システムと地上システム間の時刻の対応をとるための時

刻フレームに基づいて衛星システム内部で発生したデータのデータ発生時刻を求めるようにしたので、衛星システムからの時刻フレームで衛星の時刻と地上の時刻との対応をとることができ、これにより、データの発生時刻を単純な構成で精度よく確定することが可能な地上システムが得られるという効果を奏する。

【0129】また、請求項18の発明によれば、請求項17の発明において、衛星システムにおいて異なるタイミングで送信フレーム間に挿入された2つの衛星時刻の時間間隔と各衛星時刻に対応する地上時刻の時間間隔とから衛星時刻の平均周波数を求め、平均周波数と衛星時刻の公称周波数から得られるドリフト量とに基づいて衛星システム内部で発生したデータの発生時刻を補正するので、衛星システムとの間で時刻の進みによる誤差が補正され、これにより、衛星システムで発生したデータの正確な時刻を取得することが可能な地上システムが得られるという効果を奏する。

【0130】また、請求項19の発明によれば、請求項18の発明において、衛星システムにおいて予測された周波数の変動量を加味して衛星システム内部で発生したデータの発生時刻を補正するようにしたので、衛星システムの衛星時刻を加味して正確データの発生時刻を取得することが可能な地上システムが得られるという効果を奏する。

【0131】また、請求項20の発明によれば、衛星システムと地上システム間の時刻の対応をとるための時刻フレームを生成し、フレーム送信の際にその生成された時刻フレームを任意のタイミングで送信フレーム間に挿入して伝送フレームを生成する工程にしたので、地上システムに対して時刻フレームで衛星の時刻と地上の時刻との対応をとらせることができ、これにより、データの発生時刻を単純な構成で精度よく確定することが可能な時刻同期方法が得られるという効果を奏する。

【0132】また、請求項21の発明によれば、フレーム受信の際に、受信フレーム間に挿入されている、衛星システムと地上システム間の時刻の対応をとるための時刻フレームに基づいて衛星システム内部で発生したデータのデータ発生時刻を求め、そのデータ発生時刻にしたがってデータ解析を行う工程にしたので、衛星システムからの時刻フレームで衛星の時刻と地上の時刻との対応をとり、正確な時刻でデータ解析を実施することができ、これにより、衛星の正確な時刻に基づく解析結果を得ることが可能な時刻同期方法が得られるという効果を奏する。

【0133】また、請求項22の発明によれば、衛星システムと地上システム間の時刻の対応をとるための時刻フレームを生成する処理を行い、フレーム送信の際にその時刻フレームを任意のタイミングで送信フレーム間に挿入して伝送フレームを生成する処理を行う手順としたので、プログラムにより地上システムに対して時刻フレ

ームで衛星の時刻と地上の時刻との対応をとらせることができ、これにより、データの発生時刻を単純な構成で精度よく確定することが可能な記録媒体が得られるという効果を奏する。

【0134】また、請求項23の発明によれば、フレーム受信の際に、受信フレーム間に挿入されている、衛星システムと前記地上システム間の時刻の対応をとるための時刻フレームに基づいて衛星システム内部で発生したデータのデータ発生時刻を計算し、その計算で求めたデータ発生時刻にしたがってデータ解析を行う手順としたので、プログラムにより衛星システムからの時刻フレームで衛星の時刻と地上の時刻との対応を取り、正確な時刻でデータ解析を実施することができ、これにより、衛星の正確な時刻に基づく解析結果を得ることが可能な記録媒体が得られるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施の形態による時刻同期システムの概略構成を示すブロック図である。

【図2】衛星システムで生成される伝送フレームの生成過程を説明する図である。

【図3】CCSDSパケットフォーマットを説明する図である。

【図4】MPDUフォーマットを説明する図である。

【図5】VCDUフォーマットを説明する図である。

【図6】伝送フレームフォーマットを説明する図である。

【図7】衛星システム側における動作を説明するフローチャートである。

【図8】地上局の受信動作を説明するフローチャートである。

【図9】データ発生時刻の計算方法を説明する図である。

【図10】データ発生とその時刻付けを説明する図である。

【図11】衛星システム内の同期構成を示すブロック図である。

【図12】衛星システム内の時刻同期の例を示す図である。

【図13】高精度の時刻付けを説明する図である。

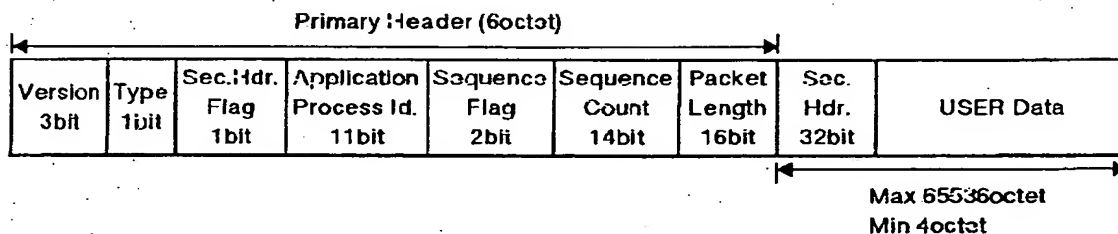
【図14】時刻補正值と衛星時刻との関係をグラフ化して示す図である。

【図15】一般的なGPSシステムを示す構成図である。

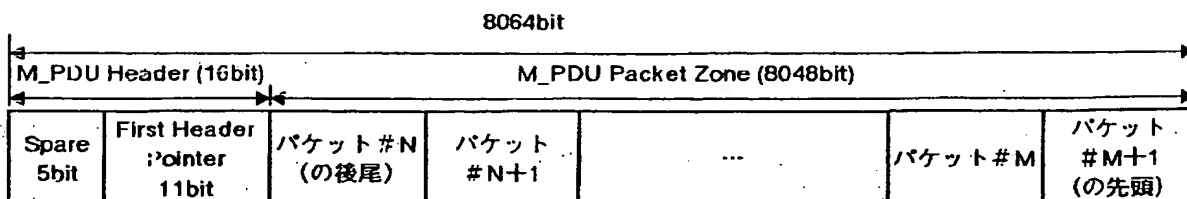
【符号の説明】

- 1 衛星システム
- 2 地上局
- 10 伝送フレーム生成装置
- 11 畳み込み処理部
- 12 タイミング発生部
- 13 時刻フレーム生成部
- 14 フレーム選択部
- 15 伝送フレーム生成部
- 16 時刻誤差予測部
- 20 送信機
- 30 受信機
- 40 受信時刻付加部
- 50 デパケット部
- 60 データ発生時刻計算部
- B1～Bn 機器データ解析装置

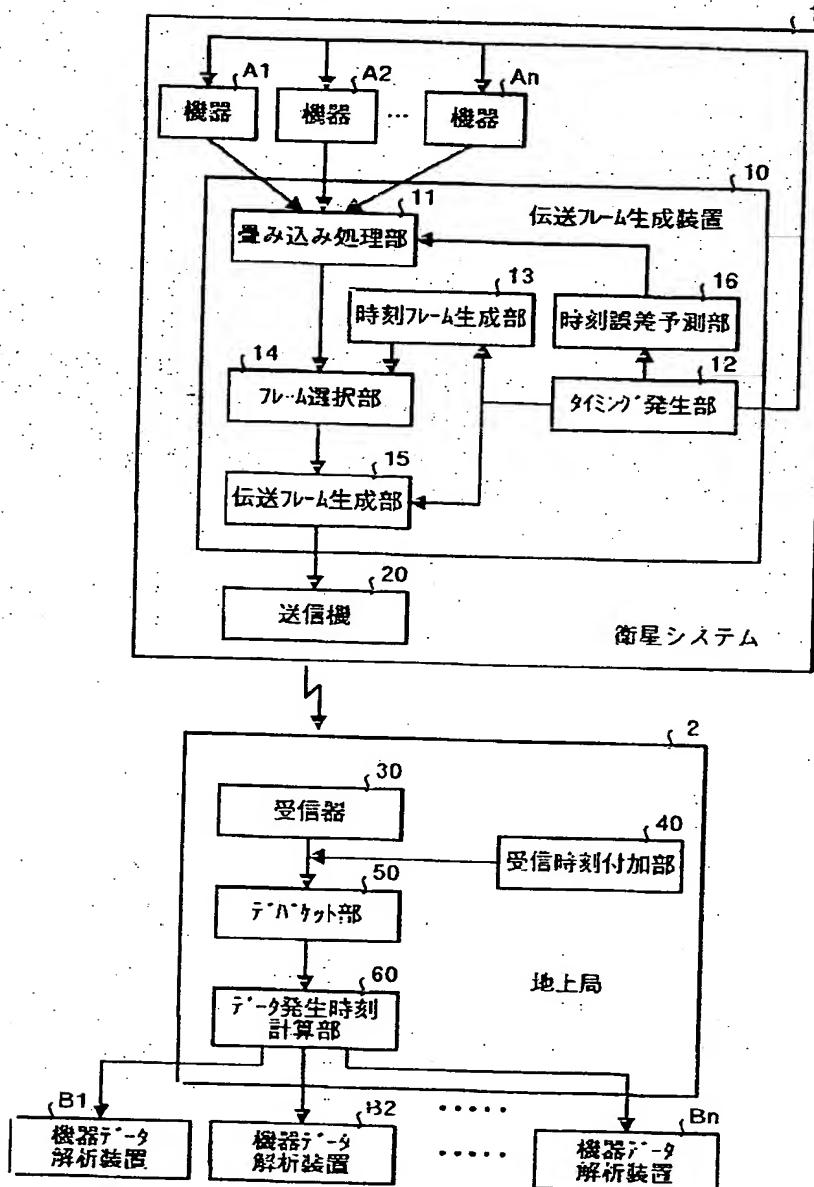
【図3】



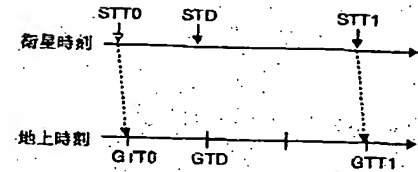
【図4】



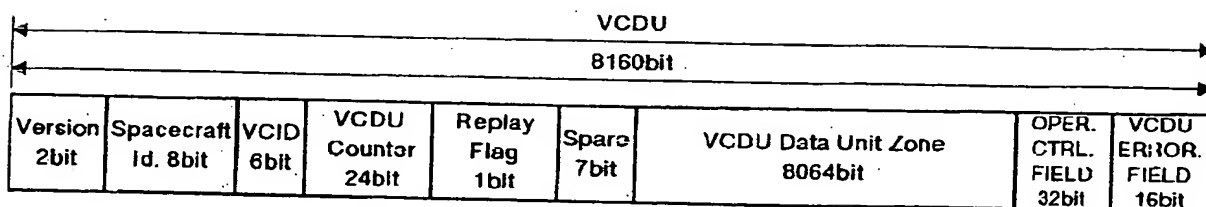
【図1】



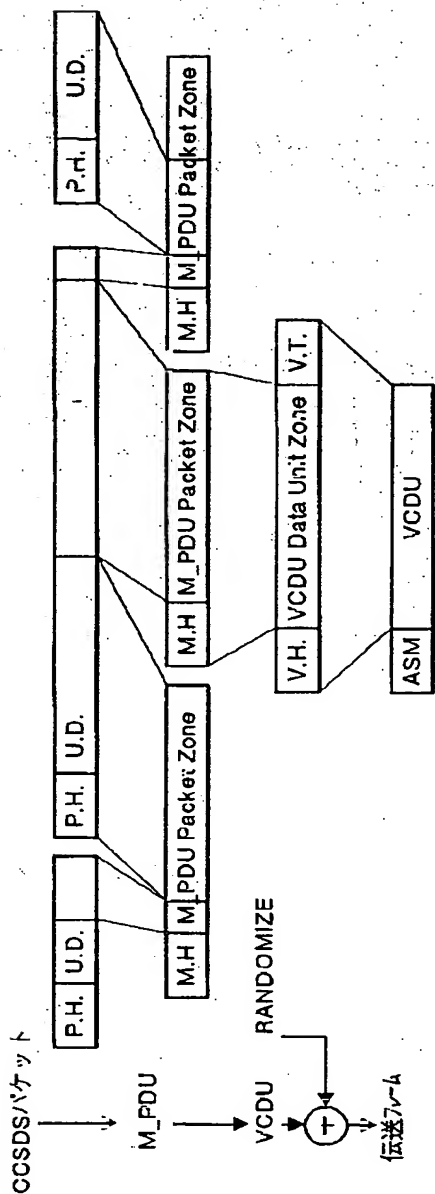
【図9】



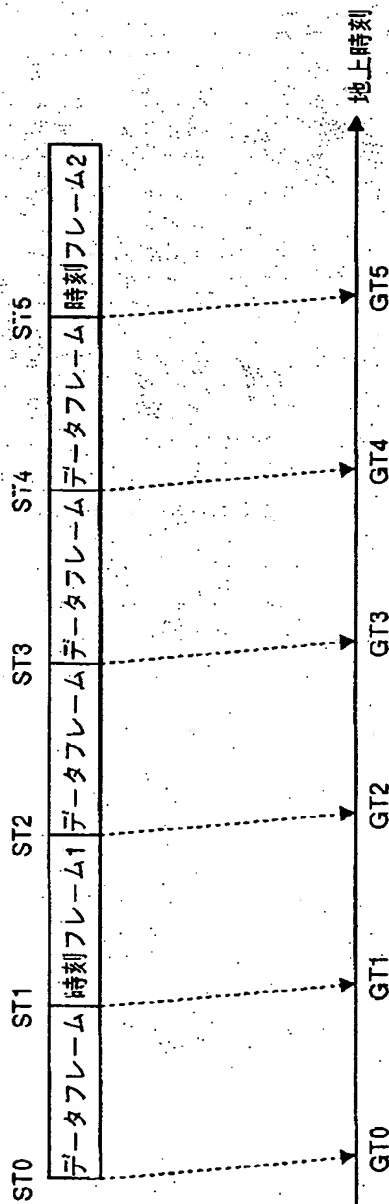
【図5】



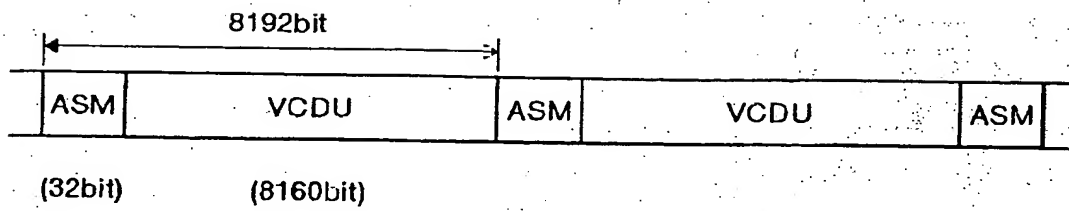
【図2】



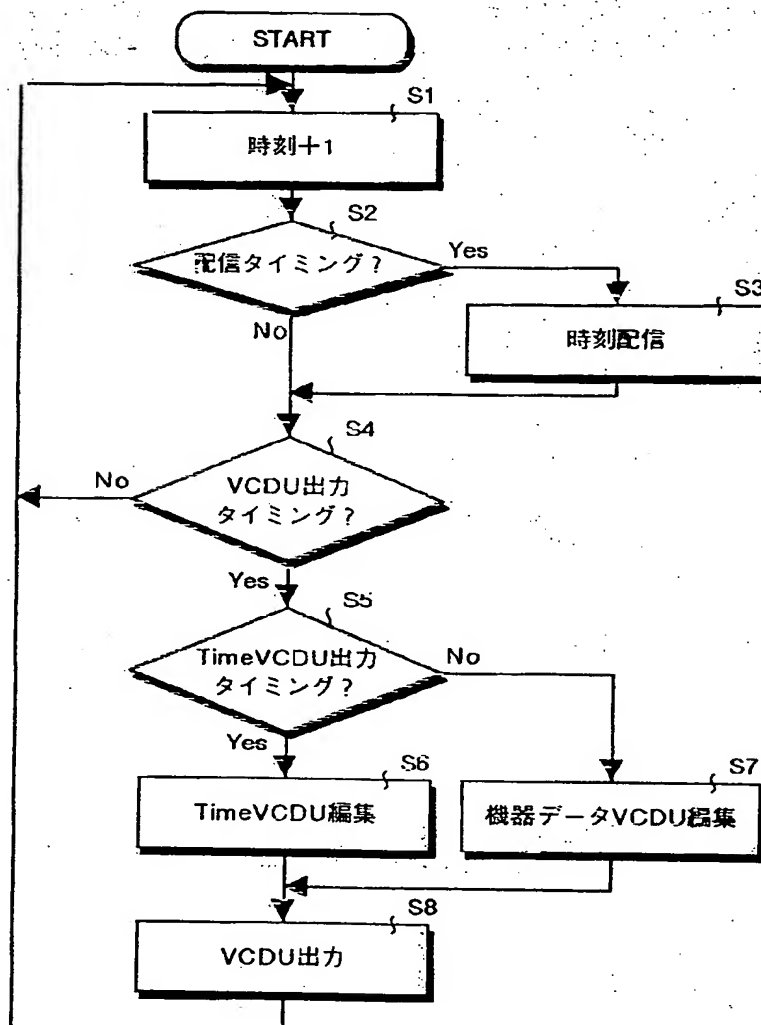
【図13】



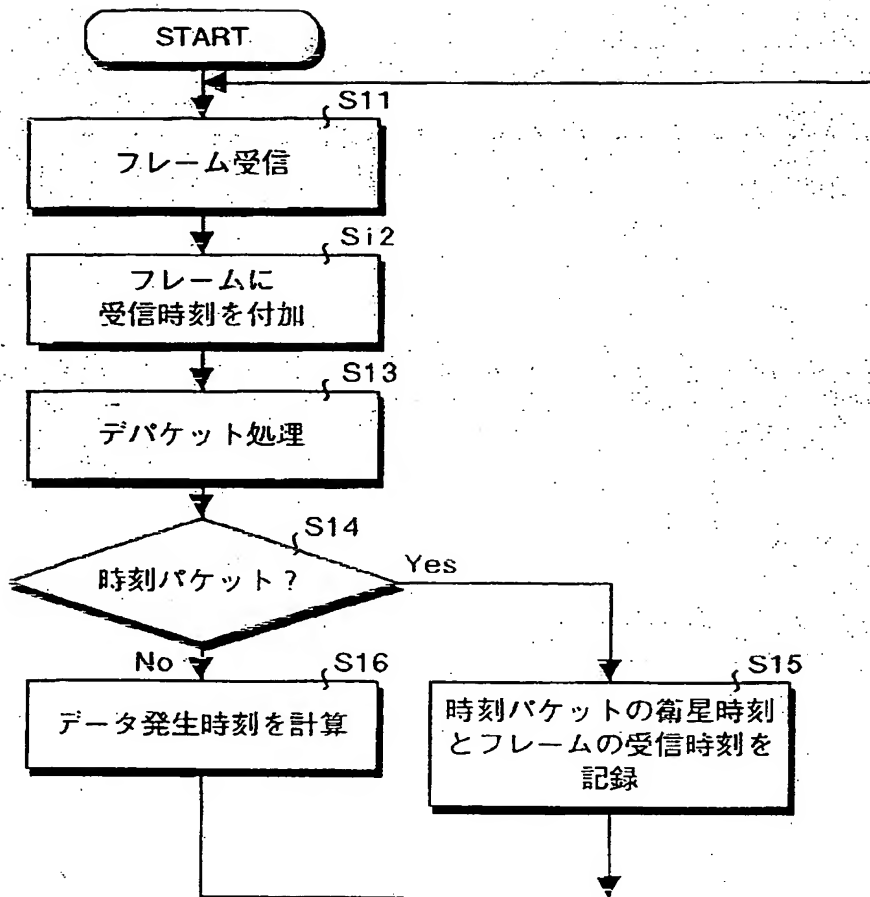
【図6】



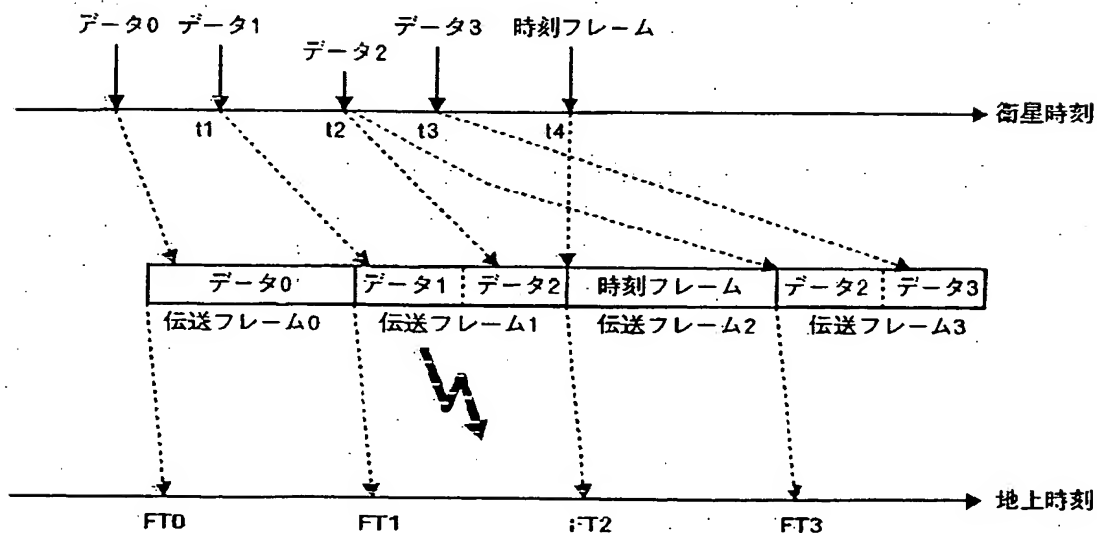
【図7】



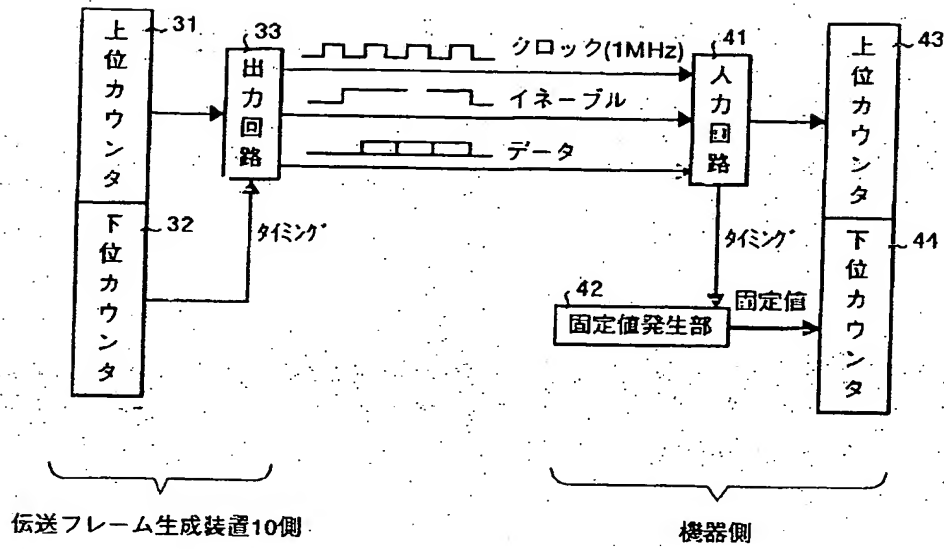
【図8】



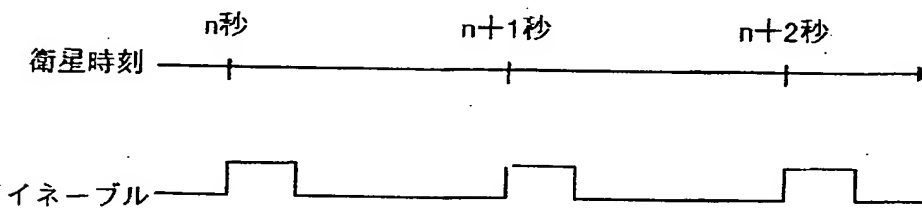
【図10】



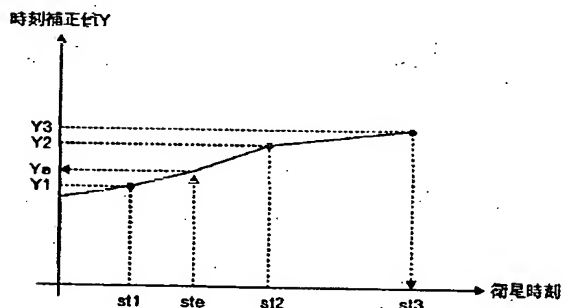
【図11】



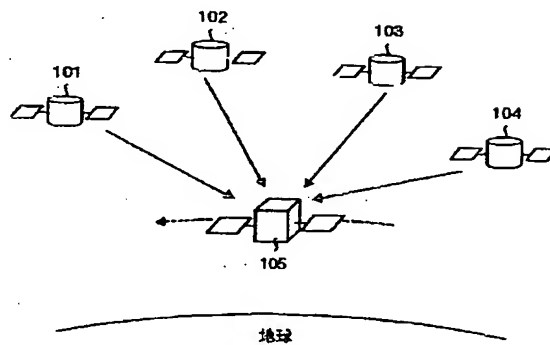
【図12】



【図14】



【図15】



フロントページの続き

【発明の名称】